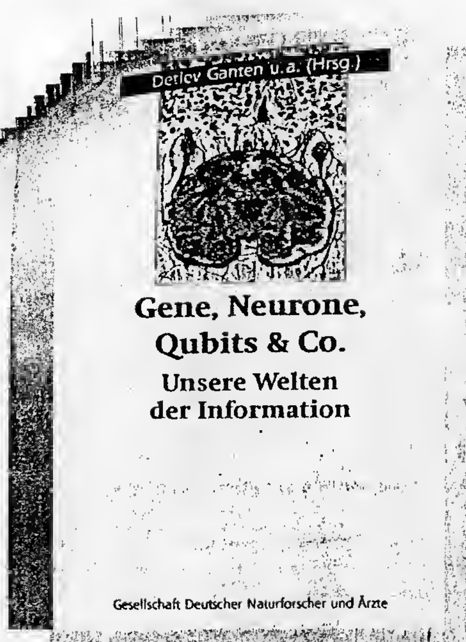




Wie der Ge[...] entsteht

Gerhard Roth

Dass Geist und Gehirn e[...]
schern im Altertum geläufig. Ihne[...]
ren Bereich der Hirnrinde (dem [...]
Sehsinns, Läsionen im seitliche[...]
Beeinträchtigungen des Hörsinns[...]
vorderen Bereich (dem Stirnhirn[...]
zeitgedächtnisses, der Fähigkeit z[...]
fenden Persönlichkeitsveränderun[...]
v. Chr. entdeckte der griechische [...]
Verbindungsstränge von den Sinn[...]
te als Hirnnerven ansehen. Alkma[...]
die Hirnforscher allgemein bis zu[...]
derts – als Röhren an, die je nach[...]
und „Feuer" gefüllt sind und so zw[...]
gen (Geschmackssinn), Luftiger[...]
(Sehen) vermitteln. Dies sind die[...]
Verschiedenheit von Sinnesempfi[...]

Betrachtet man die Geschichte [...]
muss man feststellen, dass sich vo[...]
kaum ein Erkenntnisfortschritt hi[...]
tierischer oder menschlicher Gehi[...]
man keine geeigneten Methoden [...]
nen studieren zu können. Die opt[...]
dert erfundenen Mikroskops ware[...]
hunderts schlecht, auch gab es [...]
und Färbemethoden für Nervenge[...]
und gute histologische Methoden[...]
Revolution der Hirnforschung, di[...]
doktrin" durch Wilhelm Waldeyer [...]
erreichte, mit der Lehre also, dass[...]
Zellen, Neuronen genannt, aufge[...]

und zwei Arten von Fortsätzen, Dendriten und Axone, gegliedert und stehen über Tausende von Kontaktstellen, Synapsen genannt, miteinander in Verbindung.

Mit der Aufklärung des zellulären Aufbaus des Gehirns war allerdings noch wenig über die Prinzipien der Erregungsverarbeitung gesagt. Man vermutete aber schon im 18. Jahrhundert, dass es sich hierbei um elektrische Phänomene handelte, und die Entwicklung von physikalischen Präzisionsapparaten in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts brachte eine weitere Revolution in der Hirnforschung in Gang, die in der Ansicht gipfelte, dass das Gehirn so etwas wie ein großes Telegraphenamt mit Kabeln und Relais sei – heute spricht man ebenso unzulänglich von einen „überkomplexen Computer". Die sich schnell entwickelnde Elektrophysiologie ermöglichte es, Entstehung, Fortleitung und Verarbeitung von Nervenimpulsen bis in kleinste Details zu erforschen. Viel später, eigentlich erst in den zwanziger und dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts, begann die Einsicht zu reifen, dass Gehirne nicht nur elektrische, sondern gleichermaßen chemische „Maschinen" sind. Neuroelektrische und neurochemische Prozesse der Erregungsverarbeitung sind im Gehirn aufs Engste miteinander verwoben, gleichgültig ob es sich um Wahrnehmung, Bewusstsein oder Gefühle handelt: Elektrische Impulse lösen an den Synapsen den Ausstoß von chemischen Botenstoffen (Neurotransmittern, Neuromodulatoren) aus, die an den nachgeschalteten Zellen wiederum zu elektrischen Erregungen führen und so weiter.

Unendliche Komplexität

Erst die Einsicht in diese Doppelnatur des Gehirns hat dessen wahre, nahezu unendliche Komplexität enthüllt. Das menschliche Gehirn enthält – konservativ geschätzt – etwa 100 Milliarden Nervenzellen, von denen jede über tausend oder mehr Synapsen mit anderen Nervenzellen kommuniziert; dies macht zusammen mindestens 100 Billionen Synapsen. Dabei ist jede Nervenzelle und jede Synapse ein Wunderwerk an Informationsverarbeitung.

Was nimmt man nach all diesen Fortschritten in der Hirnforschung zu Beginn des 21. Jahrhunderts über das Verhältnis von Geist und Gehirn als einigermaßen gesichert an? Eines scheint klar: Bewusste Wahrnehmung, Denken, Aufmerksamkeit, Handlungsplanung, aber auch Gefühle und Willensakte sind untrennbar an Hirnprozesse gebunden. Man kann mithilfe moderner Bildgebungsverfahren (siehe hierzu den Aufsatz von W. Singer) in groben Grenzen von der Aktivität bestimmter Hirnzentren auf die gleichzeitig ablaufenden geistigen Prozesse schließen und umgekehrt. Unter günstigen Bedingungen kann man diese Parallelität sogar bis auf die Ebene kleiner Nervenzellverbände oder gar einzelner Zellen „hinunter" verfolgen. Jeder Aspekt einer bewussten oder unbewussten Wahrnehmung, jedes Bruchstück eines Gedankens und einer Erinnerung, jede Faser meines Gefühlslebens scheint eine genaue Entsprechung im neuroelektrischen und neurochemischen Geschehen ganz bestimmter Hirnzentren zu besitzen. Man wird dies niemals in allen Fällen genau nachweisen können, aber dort, wo es gelingt, zeigt sich eine enge Verwobenheit von geistigen Leistungen und Gehirnprozessen.

Ist damit das Geist-Gehirn-Problem ein für allemal gelöst und entzaubert? Ein Philosoph, der Geist als grundsätzlich verschieden vom „materiellen" Gehirn ansieht und Dualist ist, wird sich durch solche Befunde (sollten sie denn zutreffen) nicht aus der Ruhe bringen lassen. Nichts davon – so der Dualist – widerspricht dem Bild vom autonomen Geist, der das Gehirn als Instrument seiner Verwirklichung in der Welt gebraucht wie ein Pianist den Konzertflügel zur Umsetzung seiner Interpretation einer Beethoven-Sonate. Ein solcher interaktiver Dualismus ist erst dann widerlegt (oder hinreichend unplausibel gemacht), wenn es gelingt nachzuweisen, dass Geist nicht vor dem Neuronalen oder gleichzeitig mit ihm auftritt, sondern dass neuronale Prozesse, die mit dem Entstehen von Geistzuständen verbunden sind, diesen zeitlich messbar vorausgehen und dass man bestimmte Bewusstseinszustände in voraussagbarer Weise im Gehirn erzeugen oder verändern kann.

Bewusstwerdungsprozess

Beides kann heute mit gängigen Methoden der Hirnforschung überprüft werden. Es stellt sich dabei heraus, dass das Auftreten von Bewusstseinszuständen, z. B. das Erleben eines Wahrnehmungsinhaltes, vergleichsweise langsam abläuft. Nach dem Entstehen eines komplexen Gegenstandsbildes auf unserer Netzhaut kann es bis zu einer halben Sekunde dauern, bis uns dieser Gegenstand bewusst wird. In dieser Zeit werden hunderte Millionen von Nervenzellen in vielen Zentren des visuellen Systems aktiviert, ehe in uns der Eindruck entsteht: „Dies ist das Gesicht von Peter." Man kann diesen Prozess der Bewusstwerdung in seinen groben Abläufen und partiell auch in seinen Details nachzeichnen. Ebenso lassen sich mithilfe elektrischer Hirnstimulation oder über das Verabreichen von chemischen Substanzen gezielt Bewusstseinszustände hervorrufen oder verändern. Durch die Reizung unterschiedlicher Teile des limbischen Systems (siehe Aufsatz von W. Singer und C. Eberhard-Metzger) lassen sich panische Angst oder Glücksgefühle auslösen; man kann durch Stimulation einer bestimmten Region unserer motorischen Großhirnrinde eine Willenshandlung (z. B. das

Heben des Armes) „erzwingen". Mithilfe von Psychopharmaka lassen sich (wenn auch nicht immer selektiv) Stimmungslagen verändern (vgl. Aufsatz von C. Eberhard-Metzger). Vom Standpunkt eines interaktiven Dualisten wäre dies so, als würde durch Manipulationen am Konzertflügel der Pianist selber verändert.

In noch eindrucksvollerer Weise zeigt das bloße Funktionieren der bildgebenden Verfahren, vor allem der Positronen-Emissionstomographie (PET) und der funktionellen Kernspin-Tomographie (fNMR), die Unhaltbarkeit eines Geist-Gehirn-Dualismus. PET und fNMR beruhen nämlich auf der Tatsache, dass bewusst-geistige Leistungen von hoher neuronaler Aktivität begleitet sind, die viel Sauerstoff und Zucker benötigt, die ihrerseits aus der „Nachbarschaft" über einen verstärkten Hirnblutfluss herangeschafft werden müssen. Das Auftreten von Geist und Bewusstsein ist an messbare physikalisch-chemische Bedingungen geknüpft: Ohne genügend Sauerstoff und Glucose kein Bewusstsein! Geist – so lautet die hieraus sich ergebende Botschaft – ist etwas, das sich im Rahmen bekannter Naturgesetze vollzieht und sie nicht übersteigt.

Große Fortschritte

Freilich ist damit noch nicht gesagt, warum dies so ist. Aber auch hier hat die Hirnforschung in den letzten Jahren bemerkenswerte Fortschritte erzielt. Bewusste Wahrnehmung, Vorstellung und Handlungssteuerung beruhen – zumindest wenn es um neue, komplexe Sachverhalte geht – auf der Umverknüpfung von neuronalen Netzwerken in unserer Großhirnrinde, genauer auf der Veränderung der Übertragungseigenschaften von Synapsen zwischen beteiligten Nervenzellen (vgl. Aufsätze von W. Singer und W. Mack). Diese Umverknüpfungen verlangen zelluläre Umbauprozesse, die gegenüber routinemäßig und mehrheitlich unbewusst ablaufenden Vorgängen stoffwechselphysiologisch „teuer" sind, das heißt viel Sauerstoff und Zucker verbrauchen und daher die lokale Hirndurchblutung „ankurbeln". So ergibt sich ein letztlich kontinuierlicher Zusammenhang zwischen den Vorgängen an winzig kleinen Synapsen und – vielleicht – weltbewegenden Bewusstseinszuständen eines Genius.

Ist damit nun endlich alles erklärt? Auch wenn Hirnforscher das Entstehen von Geist und Bewusstsein aus neuronalen Prozessen im Prinzip nachvollziehen können, so ist damit nicht gesagt, warum wir so sind, wie wir sind, mit diesem Ich, dieser Gefühlswelt, dieser Lebenserfahrung, diesen Erwartungen und Befürchtungen (vgl. Aufsatz von H. M. Emrich). Allerdings zeigt die Hirnforschung zusammen mit der Entwicklungspsychologie, dass dieses Ich ebenfalls ein Konstrukt des Gehirns ist, und zwar

ein vergleichsweise spätes. Während das limbische System als unbewusst arbeitendes Kontroll- und Gedächtnissystem bereits im Mutterleib alles, was der Organismus tut, nach angenehm/unangenehm, anziehend/abstoßend, interessant/uninteressant bewertet (vgl. Aufsatz von Mack) und in seinen Grundzügen mit dem 3. – 7. Lebensjahr festgelegt ist, entwickelt sich das bewusste Ich – in enger Kooperation mit Sprache und Umwelt – erst ab dem 3. Lebensjahr. Es wird in die unbewusste, limbische Welt hineingestellt, gibt sich aber, je weiter die sprachlich-soziale Kompetenz sich entwickelt, der Illusion hin, es sei Herr im Hause. Neuere Untersuchungen zur Steuerung der Willkürmotorik legen allerdings nahe, dass dem Ich der eigene Wille vom Limbisch-Unbewussten vorgegeben und gestattet wird. Bewusstsein als Sphäre des Sprachlich-Berichtbaren – so einige Hirnforscher – ist der „große Interpret" von etwas, was ihm weitgehend verschlossen ist, nämlich von den eigentlichen Antrieben unseres Handelns. Bewusstsein und Ich – so scheint es – sind nicht der Herr im Hause, sondern nützliche Konstrukte, die das Gehirn einsetzt, wenn es mit neuen, wichtigen, komplexen Problemen seiner natürlichen und insbesondere sozialen Umwelt konfrontiert ist.

Radikale Wende

Dies könnte verstanden werden als neurobiologische Rechtfertigung der Lehre Sigmund Freuds, der in jungen Jahren ein begnadeter Neuroanatom war, wenn es nicht so schiene, als seien die Netzwerkstrukturen unbewusst-limbischer Zentren anderer Art als die der sprach- und bewusstseinsfähigen Großhirnrinde, indem sie schnell lernen, aber langsam oder gar nicht vergessen: Einmal furchtkonditioniert – für immer furchtkonditioniert, so könnte es heißen, wenn einige Neurobiologen Recht haben. Dann wäre für einen freudschen Therapie-Optimismus kein Platz.

So könnte sich durch die Hirnforschung zusammen mit der modernen Biologie ein radikaler Wandel des traditionellen Menschenbildes ergeben: Zuerst wird durch die Evolutionstheorie dem Menschen der Status als Krone der Schöpfung abgesprochen, dann wird der Geist vom göttlichen Funken zu etwas Natürlich-Irdischem gemacht, und schließlich wird das Ich als nützliches Konstrukt entlarvt. Man könnte sich damit trösten, dass auch die Wissenschaft bei allen harten Details in Bildern spricht, mit Realitätskonstrukten hantiert, die prinzipiell wandelbar sind (vgl. Aufsatz von H. M. Emrich). Allerdings müssen Bilder und Konstrukte der Wissenschaft plausibler sein als andere Welterklärungen wie diejenigen von Philosophie, Religion oder Aberglaube. Dies kann die Hirnforschung, wenn sie sich mit dem Geist-Gehirn-Problem befasst, für sich in Anspruch nehmen.

Zitate zur Hirnforschung

„Die alltägliche sinnliche Erfahrung erweckt in uns den Eindruck, dass unser Wahrnehmungssystem in direktem Kontakt mit der Welt steht: die visuelle Welt ist uns im wahrsten Sinn des Wortes unmittelbar augenscheinlich gegeben, die Laute dringen unvermittelt an unser Ohr, und wir betasten und begreifen die Gegenstände in unserer Reichweite unmittelbar als Gegenstände. Wir empfinden zwischen der sinnlich erfahrenen Welt und uns nichts Vermittelndes, wir müssen nichts von ihr indirekt erschließen und erahnen. (...) dies unterstützt stark den erkenntnistheoretischen Standpunkt: unsere Sinnesorgane bilden die Welt ab, so gut sie eben können (...) Sie sind die Tore des Gehirns zur Welt."

„Eine ganz andere Perspektive tut sich auf, wenn man das Wahrnehmungsproblem nicht vom Standpunkt der Sinnesorgane, sondern vom Standpunkt des Gehirns sieht. (...) Die spezifische Modalität der Sinnesorgane, auf der unsere Sinnenwelt zu beruhen scheint, ist ‚hinter' den Sinnesorganen offenbar verschwunden..., Einheitssprache der bioelektrischen Ereignisse (Nervenpotentiale). (...) Der Ort im Gehirn, an dem eine neuronale Erregung eintrifft und verarbeitet wird, bestimmt die Modalität der Sinnesempfindung (Sehen, Hören etc.), aber auch ihre Qualität (...) Die primären Sinnesempfindungen entstehen nicht in den Sinnesorganen. (...) der eigentliche Sinneseindruck entsteht im Gehirn (...) aufgrund einer Bedeutungszuweisung nach topologischen Kriterien. (...) All dies führt zu der merkwürdigen Feststellung, dass das Gehirn, anstatt weltoffen zu sein, ein kognitiv in sich abgeschlossenes System ist, das nach eigenentwickelten Kriterien neuronale Signale deutet und bewertet, von deren wahrer Herkunft und Bedeutung es nichts Verlässliches weiß, (...) die von uns erlebte sinnliche Welt ist demnach nur ein Konstrukt unseres Gehirns, wenn auch keineswegs ein willkürliches." „Das Gehirn erfährt die Einwirkungen der Umwelt nicht direkt, sondern nur an und in sich selbst, ... muss aus der einförmigen Sprache der Neuronen die Vielfalt der äußeren Welt konstruieren. Dabei handelt es sich keineswegs um eine Rekonstruktion, wie einige Erkenntnistheoretiker behaupten, denn dazu müsste das Gehirn ja das Original kennen."

Hirn verfälscht den Sinneseindruck

„Das real-materielle Gehirn schafft sich eine Welt, die es in eine Umwelt, eine Körperwelt und eine Ich-(oder Gedanken-)Welt gliedert, und es konstituiert diese drei Welten so, dass sie sich möglichst scharf voneinander unterscheiden. Diese kognitive Welt ist (...) in sich abgeschlossen. Dies ist die Wirklichkeit, in der wir existieren und von der wir ein Teil sind. Insofern stehen wir ihr nicht gegenüber, sondern sie geht durch uns hindurch. Unser Ich, das wir als das unmittelbarste und konkreteste, nämlich als uns selbst, empfinden, ist (...) eine Fiktion, ein Traum eines Gehirns, von dem wir, die Fiktion, der Traum, nichts wissen können. Darum sind wir uns selbst notwendigerweise die einzige Wirklichkeit." (G. Roth: Erkenntnis und Realität, 229 ff.)

„Die Funktionen des Ich." „Zuschreibungs-Ich: Das Gehirn entwickelt eine von Bewusstsein begleitete Instanz, über die es zu einer cortikalen Erlebniseinheit wird und damit kommt es zur Ausbildung von Identität. (...) Offenbar ist es von großem Vorteil, in die vom Gehirn konstruierte Wirklichkeit eine Instanz hineinzusetzen, die von sich meint, die unterschiedlichen Wahrnehmungen, Gedanken, Vorstellungen, Erinnerungen und Gefühle seien ihre Zustände. (...) Handlungs-Ich (...)" (Ders., Fühlen, Denken, Handeln, 379)

Vorteil, weil vermeidet den Defekt des Irrsinns

„Wer oder was bestimmt unser Verhalten?" „Ziel des vorliegenden Buches ist es, diejenigen Erkenntnisse der Neurobiologie und der Hirnforschung darzustellen, von denen ich glaube, dass sie direkt oder indirekt zu der nur interdisziplinär behandelbaren Frage nach den Determinanten menschlichen Verhaltens beitragen können. Dabei steht die Frage im Vordergrund, wer oder was in unserem Gehirn (...) unser Verhalten steuert: Das Bewusstsein oder das Unbewusste, Verstand oder Gefühle, das ‚Ich' oder das ‚Es', willensfreie Planung oder Triebzwänge (oder irgendeine Mischung solcher Instanzen)." (Ebda., 18, 23)

Im Gehirn Wirk-Ursache – Anteil für Geist, Handeln

„Jede Gesellschaft beruht auf der hinreichenden Kalkulierbarkeit ihrer Mitglieder, d.h. auf der Annahme, dass Menschen sich in ähnlichen Situationen ähnlich verhalten. (...) Worum es letztlich geht, ist die Autonomie menschlichen Handelns, nicht Willensfreiheit. Autonomie ist die Fähigkeit unseres ganzen Wesens, innengeleitet, aus individueller Erfahrung heraus zu handeln, und zwar gleichgültig ob bewusst oder unbewusst. Gerade dies würde durch eine Willensfreiheit, die sich außerhalb des limbischen Bewertungssystems und damit gegen die Erfahrung stellt, verhindert. Autonomie im starken Sinn ist mit Willensfreiheit unverträglich." (Ebda., 533)